

Title	エルニーニョ/南方振動の持続性と大西洋エルニーニョ現象
Author(s)	時長, 宏樹; Richter, Ingo; 小坂, 優
Citation	平成30年度「異常気象と長期変動」研究集会報告 (2019): 93-97
Issue Date	2019-03
URL	http://hdl.handle.net/2433/240946
Right	
Type	Research Paper
Textversion	author

エルニーニョ/南方振動の持続性と大西洋ニーニョ現象

時長 宏樹^{1,2}, Ingo Richter³, 小坂 優⁴

(1: 京都大学防災研究所, 2: 京都大学白眉センター, 3: 海洋研究開発機構, 4: 東京大学先端科学技術研究センター)

1. はじめに

赤道太平洋におけるエルニーニョ/南方振動 (El Niño/Southern Oscillation, ENSO) は大気のテレコネクションを介して全球気候に多大な影響を及ぼすことが広く知られている。例えば, エルニーニョ現象時のウォーカー循環の弱化は, 熱帯インド洋で太陽放射の増加と海面からの潜熱放出を抑制することにより, 海盆全体を昇温させる。この熱帯インド洋における海面水温の上昇は, エルニーニョ現象が冬季に最盛期を迎えてから 3–4 ヶ月後の春季に卓越する。同様の昇温現象は春季の熱帯北部大西洋でも見られることが知られており, エルニーニョ現象の指標である Niño-3 インデックスと海面水温偏差とのラグ相関解析から容易に確認することができる。

一方, 夏季に最も卓越する大西洋ニーニョ現象へ ENSO がどのような影響を及ぼすかについては現在も統一的な見解に至っていない。過去 100 年程度を対象とした統計解析では両者の相関関係は統計的に有意ではないのに対し, 1980 年代から 1990 年代にかけての一部の期間に限っては両者の相関は高く, 赤道東部太平洋における降水偏差がウォーカー循環を変調し, 大西洋ニーニョ現象を励起した可能性が指摘されている。さらに近年では, ENSO の多様性が気候変動に果たす役割に注目が集まっており, ENSO の事例毎に異なる海面水温偏差の空間的特徴や季節性が盛んに議論されている。本研究では ENSO の様々な特徴の中から multi-year ENSO と single-year ENSO の持続性に焦点を当て, ENSO が大西洋ニーニョ現象に及ぼす影響を再検証した。

2. 観測データとモデル実験

海面水温データとして HadISST1 (Rayner et al. 2003), 海面気圧・海上風・降水量データとして NOAA 20th Century Reanalysis version 2 (20CRv2, Compo et al. 2011) を使用した。また, 20CRv2 による降水量データの信頼性検証のために, International Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set (ICOADS) release 3.0 (Freeman et al. 2017) の雲量データと, 陸上現場観測による降水量データ (Hulme et al. 1998) を使用した。データ解析期間は 1900–2012 年である。

さらに, モデル実験として Kosaka and Xie (2016) による Pacific Ocean-Global Atmosphere (POGA) ペースメーカー実験を解析した。この POGA 実験は大気海洋結合モデル GFDL-CM2.1 (Delworth et al. 2006) を使用した 10 アンサンブルメンバーから構成されており, 熱帯東部太平洋域の海面水温を, モデル気候値に観測の偏差履歴を加えたものへと緩和している。これにより, エルニーニョおよびラニーニャ現象の持続性が他海域の応答に及ぼす影響を調べることが可能である。

本研究では, 月平均の ENSO インデックスを赤道太平洋域 (120°E–90°W, 5°S–5°N) の海面水温, 海面気圧, 海上風の東西成分偏差に対する結合 EOF の第 1 モードで定義した。この ENSO インデックスにより, multi-year ENSO イベントと single-year ENSO イベントに分類し, 合成図解析を行った。詳しくは Tokinaga et al. (2019) を参照されたい。

3. 結果

図 1 は赤道域で平均した経度-時間断面の海面水温偏差合成図を示す。この合成図の偏差はラニーニャ時からエルニーニョ時の値を引いた差を表しており, 以降の記述はラ

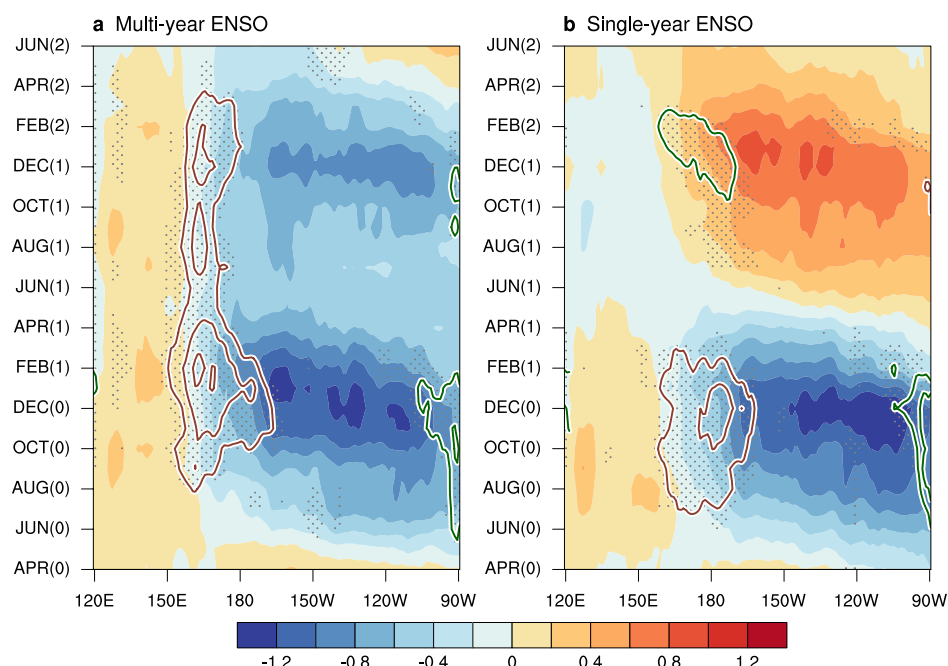


図1. 赤道域で平均した (a) Multi-year ENSO 時および (b) single-year ENSO 時における海面水温偏差の時間-経度断面合成図。緑色と茶色の等値線はそれぞれ東向きと西向きの東西勾配を示す。ハッチ部分は 95% 信頼限界で有意な東西勾配偏差を示す。

ニーニャ時を想定したものとする。Multi-year ENSO 時の Niño-3 海域 (150°-90°W) における海面水温偏差は冬季に 2 年連続で同符号の極大を持つのに対し, single-year ENSO 時は 1 年目と 2 年目で逆符号の極大を示している。いずれの合成図も春季から夏季にかけては Niño-3 海域の海面水温偏差が弱ま

るものの, multi-year ENSO 時には等値線で示すように強い海面水温偏差の東西勾配が日付変更線のやや西側で春季から夏季にかけても持続する特徴を持っている。この特徴は single-year ENSO 時には見られない。赤道太平洋域における海面水温偏差の東西勾配は大気におけるウォーカー循環と強く

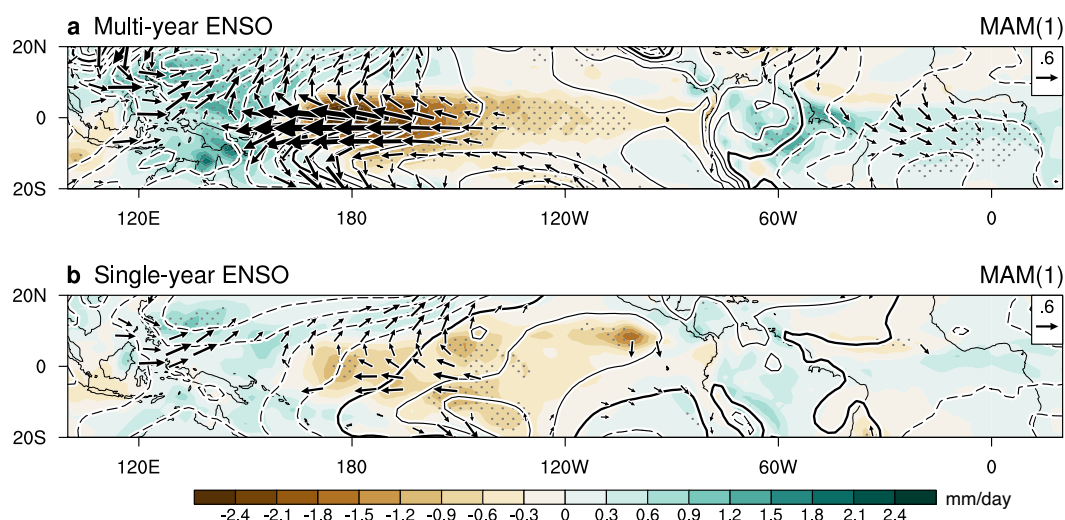


図2. ENSO 最盛期後の 3-5 月平均した降水量 (カラー; mm/day), 海面気圧 (等値線; 0.12 hPa 間隔), 海上風偏差 (ベクトル; m/s) の合成図。(a) Multi-year ENSO 時, (b) single-year ENSO 時。ハッチ部分は 95%信頼限界で有意な領域を示す。

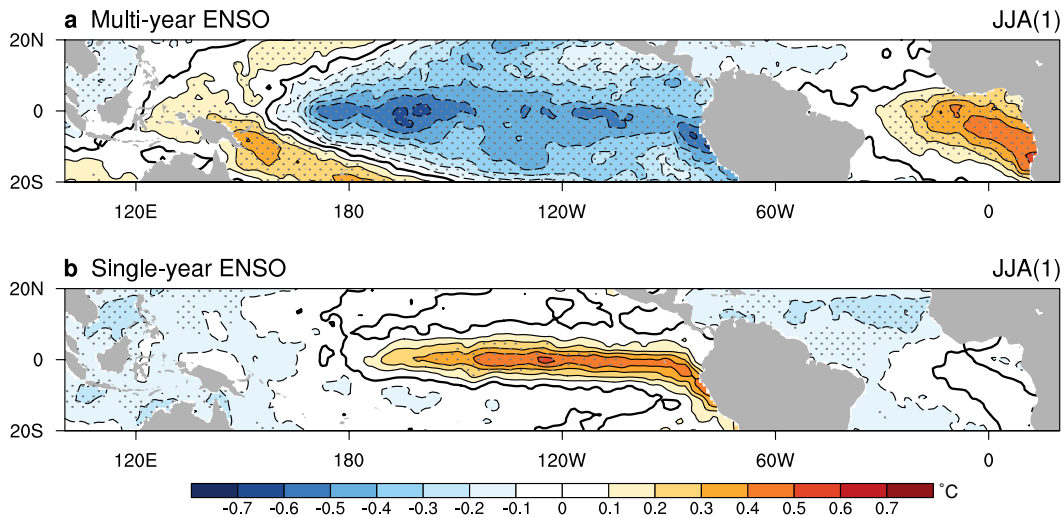


図 3. ENSO 最盛期後の 6-8 月平均した海面水温偏差 (°C) の合成図。(a) Multi-year ENSO 時, (b) single-year ENSO 時。ハッチ部分は 95%信頼限界で有意な領域を示す。

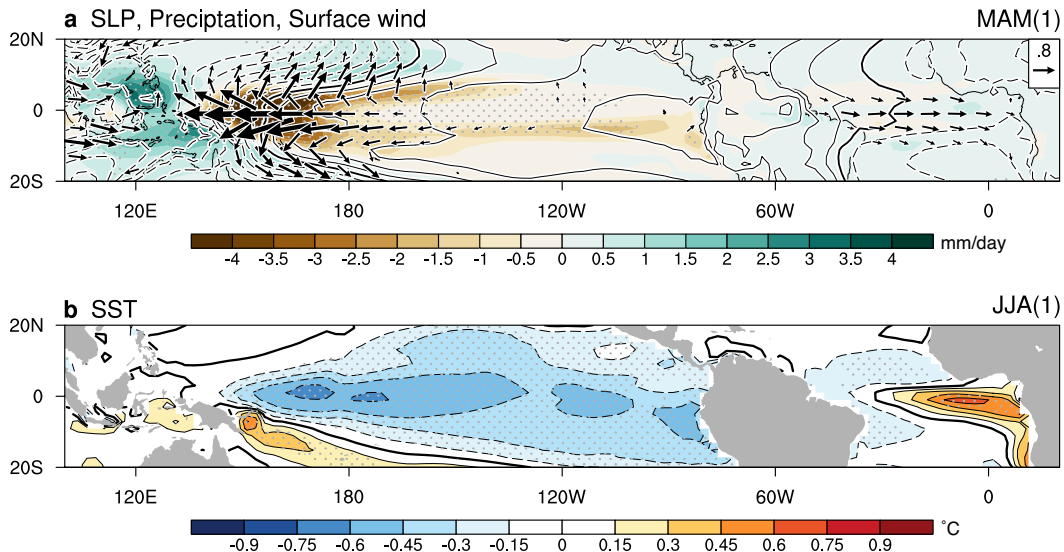


図 4. (a) 図 2a および (b) 図 3a と同様, ただし POGA 実験による結果。

結合するため, この持続的な海面水温強制がウォーカー循環を介して他の熱帯海洋にも影響を及ぼす可能性を示唆している。

図 2 は海上風, 降水量, 海面気圧偏差の合成図であり, ENSO が 1 年目に最盛期を迎えた直後の 3 月から 5 月までを平均している。大西洋ニーニョ現象は春季に赤道大西洋上で現れる西風偏差によって励起されるため, この季節における大気偏差の特徴を調べることは重要である。Multi-year ENSO, single-year ENSO とともに熱帯太平洋における降

水・海上風偏差の空間的特徴はよく似ているものの, multi-year ENSO 時の方が熱帯太平洋西部から中央部にかけて降水量偏差とその東西コントラストが顕著であることが分かる。この特徴は ICOADS の雲量観測や陸上降水量観測にも見られており (図略), 本研究における 20CRv2 の降水量データは概ね信頼できると考えられる。また, 赤道貿易風の強化が multi-year ENSO 時により顕著であり, 春季においても持続する海面水温偏差の東西勾配と整合的である。さらに最も異

なる特徴は、熱帯大西洋における西風偏差が multi-year ENSO 時にのみ現れるという点である。前述したようにこの季節の西風偏差はビヤークネスフィードバックを介して大西洋ニーニョ現象の励起に重要な役割を果たすと考えられる。

そこで、6 月から 8 月までを季節平均した海面水温偏差の合成図を見ると、multi-year ENSO 時にのみ大西洋ニーニョ現象が赤道東部大西洋で発生していることが分かる (図 3)。図 2 および図 3 で見られる multi-year ENSO 時の大気海洋偏差の特徴は POGA 実験でも再現されており、熱帯太平洋の海面水温強制がウォーカー循環を介して大西洋ニーニョ現象を引き起こすことを示唆している (図 4)。

次に multi-year ENSO 時に持続する海面水温偏差の東西勾配の役割について調べるために、3-5 月平均した熱帯西部太平洋の海面水温偏差に対して EOF 解析を行った (図 5)。EOF 第 1 モードの時係数に線形回帰した海面水温偏差パターンは、赤道上の 160°E 辺りで東西勾配が強まっていることが特徴的であり、multi-year ENSO 時の合成図の特徴と一致している。また、この EOF 第 1 モードの時係数と Niño-3 海面水温偏差インデックスとのリード・ラグ回帰係数を計算すると、2 年連続で冬季にピークを示すことから、この EOF 第 1 モードが multi-year ENSO に伴う春季の海面水温偏差分布を捉えていると考えられる。

また、EOF 第 1 モードの 3 年移動平均した時係数は 6-8 月平均の大西洋ニーニョインデックスと有意な相関を示すことが分かった ($r = 0.57$) (図 6)。さらに、赤道太平洋中央部で領域平均した春季の降水量偏差も大西洋ニーニョインデックスと有意な相関を示している ($r = -0.53$)。EOF 第 1 モードの時係数を用いて、降水量および 850hPa の速度ポテンシャルと水平風偏差との線形回帰を求めると、熱帯太平洋西部から中央部にかけての海面水温強制が深い対流を引き起こし、ウォーカー循環を介して春季に熱帯大西洋上

で西風偏差をもたらしていることが分かった (図略)。

以上の結果から、multi-year ENSO は春季から夏季においても、熱帯太平洋西部から中央部にかけて海面水温偏差の東西勾配とウォーカー循環偏差を持続させ、それが熱帯大西洋における西風偏差を引き起こし、夏季の大西洋ニーニョ現象を発生させることが分かった。

参考文献

- Compo, G. P., and Coauthors, 2011: The twentieth century reanalysis project. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **137**, 1-28.
- Delworth, T. L., and Coauthors, 2006: GFDL's CM2 global coupled climate models. Part I: Formulation and simulation characteristics. *J. Climate*, **19**, 643-674.
- Freeman, E., and Coauthors, 2017: ICOADS Release 3.0: a major update to the historical marine climate record. *Int. J. Climatol.*, **37**, 2211-2232.
- Hulme, M., T. J. Osborn, and T. C. Johns, 1998: Precipitation sensitivity to global warming: Comparison of observations with HadCM2 simulations. *Geophys. Res. Lett.*, **25**, 3379-3382.
- Kosaka, Y., and S. P. Xie, 2016: The tropical Pacific as a key pacemaker of the variable rates of global warming. *Nature Geosci.*, **9**, 669-673.
- Rayner, N. A., and Coauthors, 2003: Global analyses of sea surface temperature, sea ice, and night marine air temperature since the late nineteenth century. *J. Geophys. Res.*, **108**, 4407.
- Tokinaga, H., I. Richter, and Y. Kosaka, 2019: ENSO influence on the Atlantic Niño, revisited: Multi-year versus single-year ENSO events. *J. Climate*, in revision.

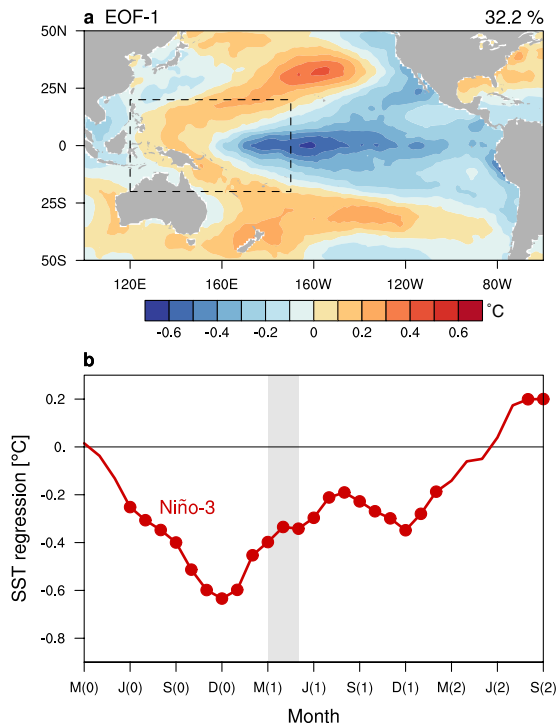


図5. (a) 3-5月平均の海面水温偏差のEOF第1モードの時係数に対する線形回帰係数(カラー; °C)。このEOF第1モードは全分散の32.2%を説明している。破線で囲った領域はEOFを計算した領域を示す。(b) EOF第1モード時係数のNiño-3インデックスに対するリード・ラグ線形回帰係数。丸印は95%信頼限界で有意な領域を示す。

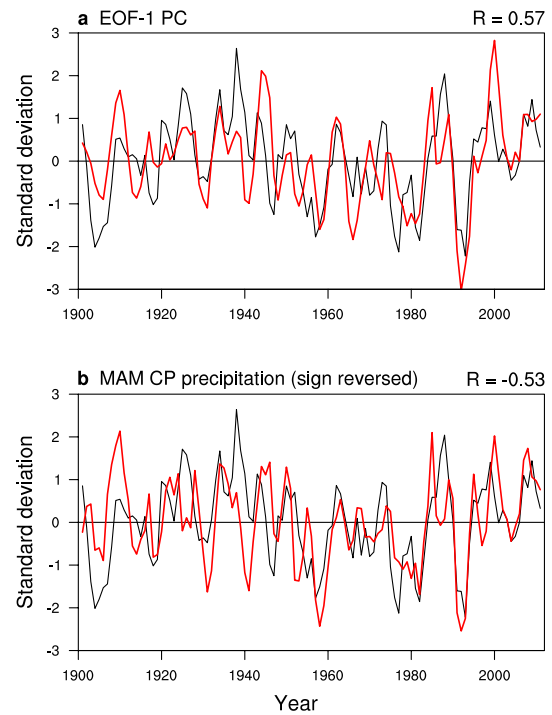


図6. 3年移動平均した(a) EOF第1モードの時係数(赤実線), および(b) 赤道太平洋中央部で領域平均した3-5月平均の降水量偏差(赤実線; 符号は反転させている)。黒実線はいずれも6-8月平均した大西洋ニーニョインデックスを示す。